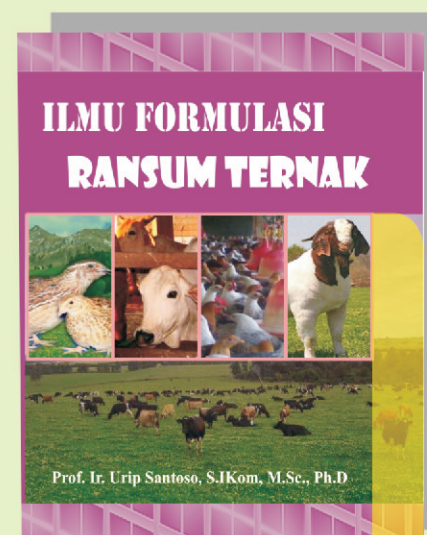
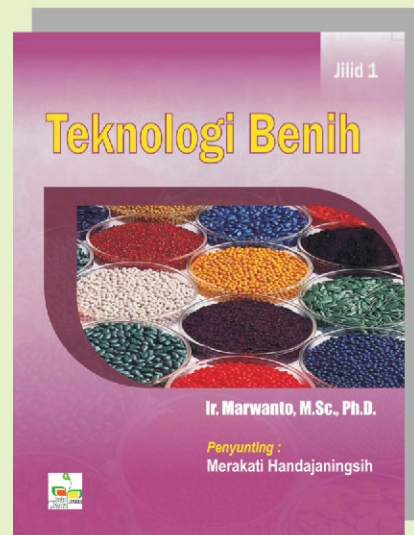
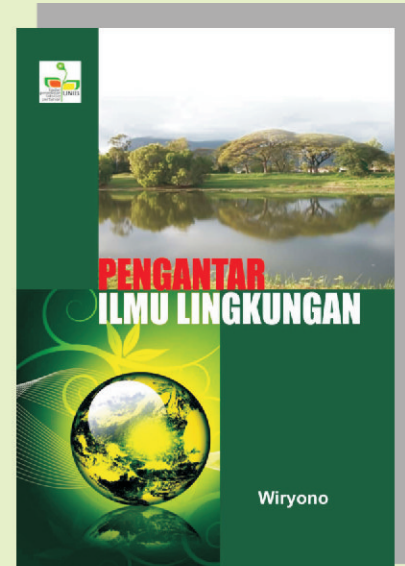
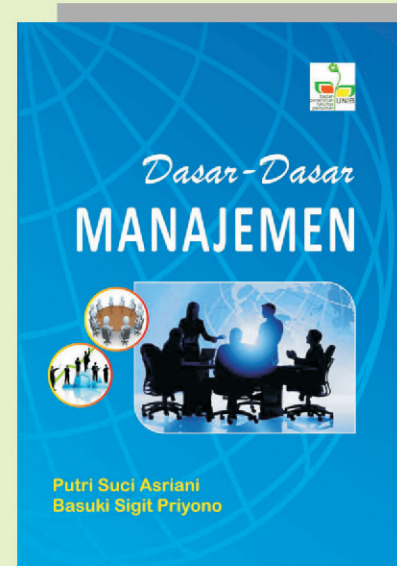


## BUKU-BUKU TERBITAN BPFP UNIB



diterbitkan oleh:



ISBN 978-602-9071-08-5



**SEMINAR  
NASIONAL**  
12 September 2012

**Menuju Pertanian yang Berdaulat**  
*Toward Agriculture Souverignty*

# PROSIDING

**Volume II**

**TIM PENYUNTING**

**Abimanyu Dipo Nusantara**  
**Ketut Sukiyono**  
**Supanjani**  
**Septri Widiono**



Kerjasama

**Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu**

dengan

**PERHEPI (Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia) Komda Bengkulu**

**PFI (Perhimpunan Fitopatologi Indonesia) Komda Bengkulu**

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS BENGKULU**

**Menuju Pertanian yang Berdaulat**

**Volume II**

**BENGKULU, 12 SEPTEMBER 2012**

**Diterbitkan oleh:**

**Badan Penerbitan Fakultas Pertanian**

**Universitas Bengkulu (BPFP UNIB) Alamat: Gedung Fakultas Pertanian UNIB,**

**Jl. WR. Supratman, Kandang Limun Bengkulu Kode Pos 38371A**

**Telp. 0736-21170 ext. 206 Faks. 0736-21290**

**Email: [bpfpunib@gmail.com](mailto:bpfpunib@gmail.com)**



PROSIDING SEMINAR NASIONAL FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS BENGKULU. Menuju Pertanian yang Berdaulat

Badan Penerbitan Fakultas Pertanian UNIB, 2012  
xii, 355 hal. 21,5 X 27,6 cm

ISBN. 978-602-9071-08-5

Tim Penyunting:

Abimanyu Dipo Nusantara

Ketut Sukiyono

Supanjani

Septri Widiono

Desain Sampul: Nyalira Creativa

Tata Letak Isi: Abimanyu Dipo Nusantara dan Septri Widiono

Undang-Undang No. 19 Tahun 2002  
tentang Perubahan atas Undang-Undang No. 12 Tahun  
1997

Pasal 44 tentang Hak Cipta

Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau member izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).



## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat petunjukNya pada akhirnya prosiding ini dapat terselesaikan. Prosiding Volume II ini berisi makalah ilmiah hasil penelitian maupun telaah (*review paper*) berbagai bidang ilmu yang berkaitan dengan kedaulatan pertanian. Makalah tersebut telah diterima panitia dan dipaparkan pada Seminar Nasional yang bertema Menuju Pertanian yang Berdaulat pada tanggal 12 September 2012 di Universitas Bengkulu. Prosiding Volume II ini merupakan bagian tak terpisahkan dari Prosiding Volume I yang telah terbit sebelum-nya yang berisikan berbagai makalah yang diterima sebelum pelaksanaan seminar. Makalah yang diterima pada saat dan setelah seminar berlangsung kemudian diterbitkan dalam prosiding ini.

Tujuan penerbitan prosiding ini ialah untuk menyebarluaskan gagasan dan informasi hasil penelitian dan telaah berbagai disiplin ilmu yang mendukung kebijakan kedaulatan pertanian. Oleh sebab itu semua makalah yang dipaparkan secara *oral* dan *poster* yang telah memenuhi kaidah-kaidah penulisan ilmiah dan telah ditelaah oleh dewan penyunting dapat diterbitkan dalam Prosiding Volume II ini. Prosiding Volume II ini memuat makalah bidang budidaya pertanian (agronomi, ilmu tanah, dan hama penyakit tanaman), sosial ekonomi pertanian, peternakan, teknologi hasil pertanian, dan kelautan. Dewan Penunting telah melakukan penyuntingan redaksional penulisan namun tidak melakukan pengujian orisinalitas isi makalah. Penulis makalah tetap bertanggung jawab terhadap keseluruhan isi makalah yang ada dalam prosiding ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Rektor Universitas Bengkulu, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Pengurus Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia Komda Provinsi Bengkulu, Pengurus Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Provinsi Bengkulu, dan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang

telah membantu pelaksanaan dan penerbitan Prosiding Seminar Nasional Menuju Pertanian Yang Berdaulat. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya juga patut disampaikan untuk seluruh panitia pelaksana seminar dan dewan penyunting prosiding atas kerjasama yang baik.

Semoga prosiding ini dapat menjadi salah satu dokumen akademis yang bermanfaat bagi para penentu kebijakan, akademisi, dan masyarakat luas yang peduli dengan kedaulatan pertanian di Indonesia.

Bengkulu, 10 Januari 2013

Dewan Penyunting

## DAFTAR ISI

Pengaruh Waktu Pembongkaran Mulsa Plastik Hitam Perak Terhadap Hasil Tanaman Kentang Yovi Saputra Reef, Fahrurrozi dan Rustikawati.....	375
Modifikasi Pola Penanaman Untuk Menekan Pertumbuhan Gulma Pada Tanaman Jagung: Modelling Ikhsan Hasibuan dan Prihanani .....	383
Pertumbuhan dan Hasil Sawi ( <i>Brassica juncea</i> ) dengan Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Dolomit di Lahan Gambut Kota Bengkulu Merakati Handajaningsih, Sigit Sudjatmiko, dan Asep Priansyah.....	391
Potensi Biochar Sekam Padi dalam Memperbaiki Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) di Tanah Sulfat Masam Agusalim Masulili.....	401
respon Pertumbuhan Awal Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas</i> L.) terhadap Pupuk Organik Gulma <i>Tridax procumbens</i> Edi Susilo dan Tatik Raisawati .....	411
Perbaikan Karakteristik Fisik, Kimia dan Biologi Tanah Pasca Pemberian <i>Biofertilizer</i> BIOM3G Mucharromah, Teguh Adiprasetyo, Merakati Handayaningsih, Hidayat .....	423
Peningkatan Produktivitas Kedelai Genotipe Baru Melalui Teknologi Pupuk Hayati dan Pemupukan Berimbang di Tanah Ultisol Rr. Yudhy Harini Bertham & Abimanyu Dipo Nusantara.....	435
Eksplorasi dan Identifikasi Anggrek Bengkulu Dwi Wahyuni Ganefianti dan Dotti Suryati .....	449
Kemampuan <i>Streptomyces</i> SPP S57 dan S67 sebagai Agensia Hayati untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri Jahe Bustamam, H., T. Arwiyanto, B. Hadisutrisno, dan B. H. Sunarminto .....	457
Penyakit Mematikan pada Pemibibitan Sengon di Bengkulu Mucharromah, Hendri Bustamam, Hartal.....	475

Mekanisme Kerja Kitosan Cangkang Kepiting dalam Penghambatan Pertumbuhan Fungi Patogenik Tunjung Pamekas, Christanti Sumardiyono, Nursamsi Pusposendjojo, Didik Indradewa .....	487
Produktivitas Usahatani Perkebunan dengan Diversifikasi Lahan Kakao dan Kopi di Desa Surobali Kabupaten Kepahiang Herlena Bidi Astuti, Afrizon dan Siti Rosmanah.....	501
Dampak Pertanian terhadap Ekonomi Petani dan Perekonomian Masyarakat Di Daerah Tangkapan Air Hulu Waduk Koto Panjang Irnad .....	511
Efisiensi Penggunaan Sumberdaya dan Kinerja Usahatani Padi pada Tipologi Lahan Sawah Irigasi dan Tadah Hujan di Provinsi Bengkulu Ketut Sukiyono & Sriyoto .....	527
Kajian Pembuatan <i>Red Palm Olein</i> (RPO) dengan Bahan Baku Minyak Sawit Kasar yang Diambil Dari Beberapa Stasiun Pengolahan <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) Budiyanto, Devi Silsia dan Fahmi.....	539
Studi Pemanfaatan dan Pengolahan Aren ( <i>Arenga pinnata</i> ) di Desa Air Meles, Curup-Bengkulu Zulman Efendi.....	553
Potensi dan Pemanfaatan Limbah Pasar dalam Menunjang Pengembangan Usaha Peternakan Rakyat di Kabupaten Manokwari Diana Sawen & Jackson Metubun .....	563
Utilisasi Ekstrak <i>Sauropus androgynus</i> terhadap Kualitas Telur Ayam Burgo Bengkulu Heri Dwi Putranto, Warnoto, Johan Setianto, Hardi Prakoso, Nurmeliarsari, Yossie Yumiati .....	573
Penggunaan Ekstrak Daun Katuk (EDK) sebagai sumber vitamin C untuk Menekan Stres pada Ayam Burgo Nurmeiliarsari, Heri Dwi Putranto, Yossie Jumiati, dan Bobby Damsir.....	583
Pengaruh Enkapsulasi Minyak Ikan Lemuru dan Vitamin E dalam Ransum Berbasis Lumpur Sawit Fermentasi terhadap Profil Asam Lemak dan Uji Organoleptik Telur Yosi Fenita dan Efriza Fitri Eliantika.....	593

Studi Komunitas Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Tikus Bengkulu Dewi Purnama.....	603
Kajian Pengukuran Panjang Garis Pantai Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi.....	611
Bambang Sulistyio .....	611
Prediksi Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Kepahiang dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis.....	621
Sukisno dan S. Nur Muin .....	621





# **MAKALAH ILMIAH**



# PENINGKATAN PRODUKTIVITAS KEDELAI GENOTIPE BARU MELALUI TEKNOLOGI PUPUK HAYATI DAN PEMUPUKAN BERIMBANG DI TANAH ULTISOL

*Increasing of New Soybean Genotype by Using Biofertilizer Technology and Balanced Fertilization in an Ultisol*

**Rr. Yudhy Harini Bertham & Abimanyu Dipo Nusantara**

Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman, Bengkulu 38122

e-mail: yudhyhb@gmail.com

## ABSTRAK

Produktivitas kedelai nasional masih belum dapat mencukupi konsumsi kedelai yang meningkat terus. Oleh karena itu penelitian ini dirancang untuk menguji efektivitas pasangan isolat fungi pelarut fosfat (FPF), *Rhizobium* dan pupuk buatan untuk meningkatkan produktivitas kedelai genotipe baru di tanah Ultisol Bengkulu. Pupuk hayati (kontrol tanpa pupuk hayati, FPF + *Rhizobium* strain Talang Empat, and FPF + *Rhizobium* strain Kandang Limun) digunakan sebagai petak utama pada percobaan lapangan yang menggunakan rancangan petak terbagi. Sedangkan pemberian pupuk buatan [kontrol tanpa pupuk buatan, 23 kg N ha<sup>-1</sup> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup>), 18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (50 kg SP36), 23 kg N ha<sup>-1</sup> + 18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 50 kg SP36), dan 34.5 kg ha<sup>-1</sup> N (75 kg Urea ha<sup>-1</sup>) + 27 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (75 kg SP36 ha<sup>-1</sup>)] merupakan anak petaknya. Seluruh perlakuan diberi 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang dan 200 kg ha<sup>-1</sup> kapur pertanian. Kecuali perlakuan kontrol (tanpa pupuk buatan), seluruh perlakuan diberi 37.5 kg K<sub>2</sub>O (75 kg KCl ha<sup>-1</sup>). Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi nyata antara pupuk hayati dan pupuk buatan dalam meningkatkan jumlah bintil akar efektif, serapan N, dan bobot biji per tanaman. Galur 19BE dapat dibudidayakan dengan tanpa menggunakan pupuk hayati namun harus dipupuk dengan 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup> untuk mendapatkan peningkatan bobot biji per tanaman sebesar 78% dan serapan N sebesar 91%. Prediksi produktivitas kedelai dengan metode ini ialah 5.08 ton per hektar.

*Kata kunci: kedelai, Rhizobium, fungi pelarut fosfat.*

## ABSTRACT

National soybean productivity is still notable low to meet continuous increase in soybean consumption. This study was designed to evaluate the effectiveness of combination of phosphorus solubilizer fungus isolates (FPF), *Rhizobium* and synthetic fertilizers to increase productivity of new soybean genotypes in an Ultisol soil in Bengkulu. Biofertilizer (control without biofertilizer, FPF+Talang Empat *Rhizobium* strains, and FPF+Kandang Limun *Rhizobium* strains) were used as the main plots in field experiments using split plot design. Whereas synthetic fertilizer [control without synthetic fertilizers, 23 kg N ha<sup>-1</sup> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup>), 18 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50 kg SP36), 23 kg N ha<sup>-1</sup> + 18 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 50 kg SP36), and 34.5 kg ha<sup>-1</sup> N (75 kg Urea ha<sup>-1</sup>) + 27 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (75 kg ha SP36 ha<sup>-1</sup>)] was used as the sub plot. All treatments were given 1 ton ha<sup>-1</sup> manure and 200 kg ha<sup>-1</sup> lime/calcium. Except for the control treatment (no synthetic fertilizers), all treatments were given 37.5 kg K<sub>2</sub>O (75 kg KCl ha<sup>-1</sup>). The results showed that the existence of a real interaction between biological and artificial

fertilizers in increasing the numbers of effective root nodules, N-uptake, and grain weight per plant. New soybean genotype 19BE can be cultivated without the use of biological fertilizers but it should be fertilized with 50 kg ha<sup>-1</sup> SP36 to increase grain weight per plant by 78% and N-uptake by 91%. Soybean productivity with this method is predicted to be 5.08 Mg per hectare.

*Key words: soybean, Rhizobium, phosphate solubilizer fungus.*

## PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas pertanian yang tergolong paling banyak dikonsumsi oleh bangsa Indonesia. Konsumsi kedelai terus meningkat semenjak tahun 2000 dan sulit dipenuhi oleh produksi kedelai nasional yang tidak pernah beranjak dari 1.3 ton ha<sup>-1</sup>. Produktivitas tersebut masih kalah jauh jika dibandingkan produktivitas kedelai di Amerika Serikat dan Brazilia yang rata-rata telah mencapai 2.7 ton ha<sup>-1</sup>. Impor kedelai merupakan jawaban yang dalam skala jangka pendek yang berarti menghabiskan devisa negara sebesar Rp. 3.58 triliun per tahun (Agrinews Online 2008). Produktivitas yang rendah tersebut dapat disebabkan oleh luas area panen yang semakin sempit, kualitas tanah yang tidak memadai, dan iklim yang tidak menentu.

Produktivitas kedelai dapat ditingkatkan melalui penggunaan benih varietas unggul dan pupuk yang murah dan dalam jumlah yang mencukupi. Varietas unggul yang diharapkan ialah yang tahan kemasaman tinggi dan kadar P tanah rendah, potensi hasil > 2 ton ha<sup>-1</sup> pada berbagai kondisi tanah dan lingkungan (Suryati *et al.* 1999; Suryati *et al.* 2006; Suryati & Chozin, 2007). Satu genotipe, yaitu 19BE, terbukti memiliki respon yang konsisten terhadap pupuk hayati *Rhizobium* dan fungi pelarut fosfat (Nusantara *et al.* 2009). Genotipe tersebut juga memiliki mekanisme spesifik untuk beradaptasi dengan tanah mineral masam kahat P (Bertham *et al.* 2009). Para peneliti telah berhasil membuktikan aplikasi pupuk hayati dapat meningkatkan hasil kedelai jika diimbangi dengan pemberian pupuk dengan dosis yang tepat (Saraswati *et al.* 1999; Simanungkalit 2001). Sejauh ini belum pernah dilaksanakan pengujian dosis pupuk buatan yang tepat dalam kaitannya dengan aplikasi pupuk hayati untuk peningkatan produktivitas genotipe baru kedelai di tanah mineral masam di Indonesia maupun belahan bumi lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis pupuk N dan P yang tepat untuk meningkatkan produktivitas kedelai galur baru yang diberi pupuk hayati rhizobia (strain Talang Empat dan Kandang Limun) dan fungi pelarut fosfat (FPF).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret – Oktober 2010. Penanaman kedelai dilakukan di Desa Medan Baru, Kodia Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Pengukuran bobot kering dan perbanyakan fungi pelarut fosfat dan rhizobia dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Analisis tanah dan jaringan tanaman dilakukan di Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Tanah di lokasi percobaan memiliki karakteristik tekstur lempung (*clay*), masam (pH H<sub>2</sub>O 4.9), berkesuburan tanah sedang sampai rendah dengan masalah utama ketersediaan hara P (P-Bray I 7.40 mg kg<sup>-1</sup>) dan kation basa rendah (Ca, Mg K dan Na masing-masing 3.38, 2.44, 0.22 dan 0.27 cmol kg<sup>-1</sup>) dan kapasitas tukar kation rendah (12.55 cmol kg<sup>-1</sup>) sekalipun kadar C organik tinggi (3.11%) dan tanpa masalah Al (kadar Al dapat ditukar 0.57 cmol kg<sup>-1</sup>).

Rhizobia dan fungi pelarut fosfat (FPF) diisolasi dari tanah rizosfir kedelai yang tumbuh pada beberapa sentra produksi kedelai di Provinsi Bengkulu. *Rhizobium* asal yang diambil dari Desa Talang Empat (TER) dan Desa Kandang Limun (KLR) terbukti merupakan isolat yang paling efektif untuk kedelai (Bertham 2006). Untuk mengisolasi FPF maka dilakukan pengenceran seri 10 pada tanah segar rizosfir kedelai. Dari setiap seri pengenceran diambil 0,2 mL suspensi dan dipindahkan ke dalam cawan Petri berisi media taoge agar. Cawan Petri beserta isinya di goyang sehingga homogen dan diinkubasi pada suhu ruang. Setelah 2-3 hari isolat fungi yang tumbuh dipisahkan untuk memperoleh isolat murni. Untuk melihat kemampuan melarutkan fosfat, masing-masing jenis fungi tanah yang di koleksi ditumbuhkan pada cawan Petri yang berisi media Pikosvkaya dan di inkubasikan pada suhu ruang (Santosa 2007). Fungi dikatakan mampu melarutkan fosfat apabila fungi dikelilingi mintakat halo berwarna terang. Inokulan fungi pelarut fosfat dibuat dengan mencampur kultur murni fungi pelarut fosfat terpilih dedak padi sebagai pembawa.

Isolat *Rhizobium* diselaputkan pada permukaan benih menggunakan *seed coating technique* (Bertham 2006). Campuran media tumbuh *Rhizobium*, gambut, dan gum arabicum 40% digunakan sebagai inokulan. Benih kedelai diaduk dengan campuran tersebut kemudian dikering anginkan. Benih kedelai berselaput *Rhizobium* kemudian ditanam di lapangan pada lubang tanam hasil penugalan, setiap lubang diberi dua biji kedelai dan 0.25 g inokulan FPF.



Pupuk dasar yang diberikan ialah 1 ton ha<sup>-1</sup> pupuk kandang dan 200 kg ha<sup>-1</sup> dolomit. Seluruh perlakuan juga mendapatkan 37.5 kg K<sub>2</sub>O (75 kg KCl ha<sup>-1</sup>) kecuali perlakuan kontrol (tanpa pupuk buatan). Pupuk N diberikan setengah takaran pada saat tanam dan sisanya pada saat tanaman telah berbunga, pupuk P dan K seluruhnya diberikan pada saat tanam. Setiap satuan percobaan berukuran 2.5 x 3 meter berisi 12 baris tanaman yang masing-masing ditanam dengan jarak tanam 20 cm x 30 cm sehingga setara dengan 160000 tanaman per hektar.

Pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) dilakukan pengamatan terhadap bobot kering tanaman (akar, pucuk, dan total), jumlah dan bobot kering bintil akar efektif, dan serapan hara N dan P. Tanaman di bongkar, dicabut dari dalam tanah, dibuang dan dibersihkan untuk kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 80 °C sampai bobotnya konstan. Watna merah jambu bagian dalam bintil akar digunakan sebagai penanda efektivitas bintil akar. Kadar hara nitrogen (N) dan fosfor (P) masing-masing diukur dengan Kjeldahl dan spektrofotometer menggunakan pewarnaan kalium antimonil tartrat – asam askorbat (Eviati & Sulaiman 2009). Serapan hara, N dan P, dihitung berdasarkan hasil kali kadar hara dengan bobot kering bagian atas tanaman. Percobaan diakhiri pada 90 HST yaitu ketika polong dan batang tanaman telah mengering. Jumlah polong berisi dan jumlah biji kering dihitung dengan *hand counter*. Bobot kering biji tiap tanaman diukur dengan penimbangan.

Efektivitas perlakuan atau peningkatan hasil akibat perlakuan dihitung berdasarkan modifikasi rumus efisiensi agronomis (Bertham 2006) sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas perlakuan} = \frac{(w_p - w_k)}{w_k} \times 100\%$$

yang  $w_p$  = peubah yang mendapatkan perlakuan pupuk hayati dan pupuk buatan,  $w_k$  = peubah pada perlakuan kontrol.

Percobaan dilaksanakan menggunakan rancangan Petak Terbagi (*split plot*) dengan Rancangan Dasar Acak Kelompok Lengkap. Sebagai petak utama ialah pemberian pupuk pupuk hayati yaitu (i) kontrol (tanpa pupuk hayati), (ii) FPF + TER, dan (iii) FPF + KLR. Sebagai anak petak ialah pemberian pupuk buatan yaitu (i) kontrol (tanpa pupuk buatan), (ii) 23 kg N ha<sup>-1</sup> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup>), (iii) 18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (50 kg SP36), (iv) 23 kg N ha<sup>-1</sup> + 18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (50 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 50 kg SP36), (v) 34.5 kg ha<sup>-1</sup> N (75 kg Urea ha<sup>-1</sup>) + 27 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (75 kg SP36 ha<sup>-1</sup>). Kelimabelas kombinasi perlakuan tersebut di ulang tiga kali. Hasil pengamatan dianalisis dengan model sidik ragam, beda antar perlakuan diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil, dan hubungan antar peubah dianalisis dengan model korelasi regresi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan dan Hasil Tanaman

Interaksi sangat nyata ( $p < 0.01$ ) antara pupuk hayati dan pupuk buatan tampak pada jumlah bintil akar efektif, serapan N, dan bobot biji per tanaman kedelai. Inokulasi kombinasi FPF + KLR dan FPF + TER menghasilkan jumlah bintil akar efektif yang kurang lebih sama ( $p > 0.05$ ) namun nyata ( $p < 0.01$ ) lebih banyak dibandingkan dengan tanpa pupuk hayati (Tabel 1). Pupuk buatan 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup>, 50 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup>, dan 75 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha<sup>-1</sup> menghasilkan jumlah bintil akar efektif yang kurang lebih sama ( $p > 0.05$ ) namun nyata ( $p < 0.05$ ) lebih tinggi dibandingkan tanpa pupuk buatan atau 50 kg Urea ha<sup>-1</sup>. Pemberian 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup> pada tanah yang tidak diberi pupuk hayati mampu meningkatkan aktivitas rhizobia indigenous yang tampak dari lebih banyaknya jumlah bintil akar efektif (35 buah) dibandingkan jika tanahnya diberi pupuk 50 kg Urea ha<sup>-1</sup> (21 buah). Pemberian pupuk Urea yang digabungkan dengan pupuk SP36 justru menurunkan jumlah bintil akar.

Tabel 1. Interaksi pupuk buatan dan pupuk hayati terhadap jumlah bintil akar efektif (buah) tanaman kedelai umur 4 minggu setelah tanam.

Pupuk Buatan	Pupuk Hayati			Rerata Pupuk Buatan
	Tanpa	FPF + TER	FPF + KLR	
Tanpa	3 f	17 e	35 bc	18 r
50 kg Urea ha <sup>-1</sup>	21 de	27 cde	27 cde	25 q
50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	35 bc	24 cde	36 bc	32 p
50 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	31 bcd	52 a	25 cde	36 p
75 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	18 e	46 ab	33 bcd	32 p
Rerata Pupuk Hayati	21 y	33 x	31 x	

Rerata diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji BNT pada taraf nyata 5%

Pada kondisi alami, yaitu pada tanah yang tidak diberi pupuk buatan, pupuk hayati FPF + TER dan FPF + KLR masing-masing menghasilkan bintil akar sebanyak 17 buah atau 6x lebih banyak dan 35 buah atau 12x lebih tinggi dibandingkan dengan rhizobia indigenous. Pembentukan bintil akar efektif dan sematan N<sub>2</sub> hayati merupakan proses yang memerlukan banyak energi dalam bentuk ATP dan memerlukan tanah yang berkadar N rendah. Pemberian Urea dengan dosis yang semakin meningkat menyebabkan kadar N semakin meningkat sehingga menekan pembentukan bintil akar efektif oleh rhizobia.

Isolat FPF + TER akan optimal menghasilkan bintil akar efektif sebanyak 52 buah atau 17x lebih banyak dibandingkan dengan jasad renik indigenous, jika dipasok dengan 50 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup>. Namun demikian, peningkatan dosis sampai 75 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha<sup>-1</sup> tidak meningkatkan jumlah bintil akar efektif. Isolat FPF + KLR mampu menghasilkan rerata jumlah bintil akar efektif yang sama banyaknya ( $p > 0.05$ ) dengan isolat FPF + TER (Tabel 1). Jika diperhatikan, isolat FPF + KLR sesungguhnya memiliki kapasitas menghasilkan bintil akar yang lebih banyak dibandingkan FPF + TER. Namun demikian, isolat FPF + KLR terlihat kurang responsif terhadap pemberian pupuk buatan seperti halnya FPF + TER. Hal tersebut ditunjukkan dengan tidak terjadinya peningkatan nyata jumlah bintil akar akibat penambahan pupuk buatan pada medium tumbuh yang diinokulasi FPF + KLR.

Serapan hara N dipengaruhi oleh perlakuan yang diuji. Penggunaan isolat FPF + KLR menghasilkan serapan N, sebesar 594.90 mg, yang sama ( $p > 0.05$ ) dengan yang dihasilkan oleh pupuk buatan (510.11 mg) namun nyata ( $p < 0.05$ ) lebih tinggi dibandingkan dengan isolat FPF + TER (425.51 mg) (Tabel 2). Rhizobia indigenous yang berkembang pada tanah yang tidak diberi pupuk hayati terlihat menghasilkan serapan N yang tinggi (716.79 mg) jika dipasok dengan pupuk 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup>. Pupuk hayati FPF + TER menghasilkan serapan N yang tinggi (585.95 mg) jika dipasok dengan pupuk buatan 50 kg Urea ha<sup>-1</sup>. Pupuk hayati FPF + KLR sudah mampu menghasilkan serapan N yang tinggi (593.38 mg) sekalipun tidak diberi pupuk buatan, pupuk buatan harus ditambahkan dalam bentuk kombinasi 75 kg Urea ha<sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha<sup>-1</sup> agar menghasilkan serapan N yang tertinggi (747.50 mg).

Tabel 2. Interaksi pupuk buatan dan pupuk hayati terhadap serapan hara N (mg) tanaman kedelai umur 4 minggu setelah tanam

Pupuk Buatan	Pupuk Hayati				Rerata Pupuk Buatan
	Tanpa	FPF + TER	FPF + KLR		
Tanpa	374.93 de	331.48 e	593.38 ab		433.26 q
50 kg Urea ha <sup>-1</sup>	568.00 ab	585.95 ab	487.27 bcd		547.07 p
50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	716.79 a	323.27 e	521.92 bc		520.66 p
50 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	493.67 bcd	378.42 cde	624.44 ab		498.84 p
75 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	397.15 cde	508.45 bcd	747.50 a		551.03 p
Rerata Pupuk Hayati	510.11 xy	425.51 y	594.90 x		

Rerata diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji BNT pada taraf nyata 5%

Hasil penelitian menunjukkan kedelai genotipe 19BE mampu menghasilkan bobot kering biji yang > 25 g per tanaman atau setara dengan 4 t ha<sup>-1</sup>. Untuk mencapai hal tersebut dapat dicapai dengan dua alternatif sebagai berikut. Memanfaatkan rhizobia dan fungi pelarut fosfat indigenous tapi harus dipasok dengan 50 kg SP36 ha<sup>-1</sup> yang akan menghasilkan biji kering dengan bobot 31.75 g per tanaman yang kurang lebih setara dengan 5.080 t ha<sup>-1</sup> (Tabel 3). Penambahan pupuk Urea atau peningkatan dosis pupuk SP36 justru nyata ( $p < 0.05$ ) menurunkan bobot kering biji. Alternatif kedua, ialah tidak perlu menggunakan pupuk buatan, kecuali pupuk dasar berupa 75 kg KCl ha<sup>-1</sup>, namun harus diinokulasi dengan isolat FPF + KLR atau FPF + TER yang akan menghasilkan biji kering dengan bobot 25.75 – 25.95 g per tanaman atau setara dengan 4.120 – 4.152 t ha<sup>-1</sup>. Penggunaan isolat FPF + KLR atau FPF + TER diiringi dengan pemberian pupuk Urea dan SP36 akan menghasilkan bobot kering biji yang sama ( $p > 0.05$ ). Penggunaan pupuk Urea dan SP36 dengan demikian justru akan meningkatkan biaya produksi. Fakta di atas sekaligus menunjukkan bahwa isolat FPF + TER atau FPF + KLR memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk meningkatkan bobot kering biji dibandingkan dengan isolat indigenous.

Tabel 3. Interaksi pupuk buatan dan pupuk hayati terhadap bobot biji (g) per tanaman kedelai

Pupuk Buatan	Pupuk Hayati			Rerata Pupuk Buatan
	Tanpa	FPF + TER	FPF + KLR	
Tanpa	17.79 c	25.95 a	25.75 a	23.16 b
50 kg Urea ha <sup>-1</sup>	24.14 b	15.26 c	25.52 a	21.64 c
50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	31.75 a	18.76 b	19.04 b	23.18 bc
50 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 50 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	28.22 ab	26.47 a	27.66 a	27.45 a
75 kg Urea ha <sup>-1</sup> + 75 kg SP36 ha <sup>-1</sup>	18.92 c	27.05 a	24.83 a	23.60 b

Rerata sekolom diikuti huruf sama menunjukkan berbeda tidak nyata dengan uji BNT pada taraf nyata 5%

Unsur hara fosfor (P) tersedia seringkali menjadi pembatas pertumbuhan tanaman pertanian, khususnya kedelai yang memerlukan unsur P dalam jumlah tinggi untuk menggerakkan simbiosisnya dengan rhizobia (Khan *et al.* 2007). Sebagaimana telah diketahui, unsur P dari pupuk P akan dengan cepat difiksasi oksida-oksida Fe dan Al ataupun diimobilisasi oleh jasad renik tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Narsian & Patel 2000). Menghadapi kondisi demikian, tanaman kemudian

mengalokasikan sebagian fotosintat ke akar yang seterusnya dieksudasikan ke rizosfir dalam bentuk senyawa organik. Eksudat tersebut berperan sebagai substrat untuk konsorsium jasad renik yang berperan dalam melarutkan berbagai bentuk P dalam tanah. Jasad pelarut fosfat dengan demikian menjadi faktor penentu dalam pemasokan P ke tanaman melalui mekanisme yang lebih ramah lingkungan (Khan *et al.* 2007).

Jasad renik pelarut fosfat merujuk kepada sekelompok jasad renik tanah yang terlibat dalam daur biogeokimia unsur P dan mampu mengubah bentuk P tak tersedia menjadi tersedia melalui berbagai mekanisme (Richardson 2001). Jasad pelarut fosfat umumnya terbagi menjadi bakteri dan fungi. Bakteri pelarut fosfat (BPF) *Bacillus* dan *Pseudomonas* merupakan jasad renik yang berperan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Illmer & Schinner 1992). Beberapa strain *Rhizobium* juga dilaporkan mampu melarutkan P organik dan anorganik (Daimon *et al.* 2006). Namun demikian kemampuan melarutkan P tersebut beragam bergantung kepada strain rhizobia dan kondisi medium yang digunakan (Sridevi & Mallaiah 2009) yang menunjukkan bahwa rhizobia memiliki keuntungan ganda yaitu memasok N dan P pada tanaman inangnya (Peix *et al.* 2001).

Fungi pelarut fosfat (FPF), umumnya tergolong genus *Aspergillus* dan *Penicillium*, mampu melarutkan P pada kondisi *in vitro* (Seshadri *et al.* 2004). Genus *Aspergillus* dilaporkan mampu membebaskan P dari sumber P organik yaitu *phytate* (Yadav & Tarafdar 2003) dan *lecitin* (Oliveira *et al.* 2009), namun juga mampu membebaskan P dari ikatan P-Al (Oliveira *et al.* 2009), yang seterusnya dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan hasil tanaman (Richardson *et al.* 2005). Kemampuan melarutkan P pada umumnya dikaitkan dengan pelepasan asam-asam organik yang mampu menurunkan pH media (Seshadri *et al.* 2004) dan produksi enzim fitase (Mitchell *et al.* 1997) dan enzim fosfatase (Oliveira *et al.* 2009). Asam organik bertugas mengkhelasi Ca, Al dan Fe, mengubah pH media, dan melarutkan garam-garam terlarut sehingga terjadi peningkatan kadar P dalam media. Selain pelarutan P, berbagai jenis jasad pelarut P dilaporkan dapat meningkatkan produksi metabolit spesifik misalnya vitamin, asam amino dan hormon sehingga meningkatkan kolonisasi akar oleh fungi mikoriza (Khan *et al.* 2007). Sekalipun menurunkan pH tanah, inokulasi fungi pelarut fosfat dilaporkan dapat meningkatkan sifat-sifat tanah misalnya meningkatkan stabilitas agregat, kadar bahan organik, aktivitas enzim dan sebagainya (Caravaca *et al.* 2004). Inokulasi jasad pelarut P merupakan teknik yang menjanjikan karena dapat

meningkatkan ketersediaan P dari dalam tanah sehingga mengurangi kebutuhan akan pupuk P buatan (Reyes *et al.* 2002). Para peneliti telah melaporkan keberhasilan inokulasi fungi pelarut P untuk meningkatkan produksi tanaman bawang merah (Vassilev *et al.* 1997) dan kedelai (Abd-Alla *et al.* 2001).

### **Efektivitas Pupuk**

Tujuan akhir budidaya modern kedelai ialah mendapatkan bobot biji yang setinggi-tingginya dengan masukan yang serendah mungkin dan seaman mungkin bagi manusia dan lingkungan hidup. Agak sulit menarik simpulan dari data pertumbuhan dan hasil tanaman (Tabel 2 dan 3) mengingat tidak konsistennya pengaruh yang dihasilkan oleh pupuk hayati dan pupuk buatan serta interaksi keduanya.

Ada alternatif lain untuk mengevaluasi hal penelitian ini, yaitu dengan menafsirkan berdasarkan efektivitas perlakuan yaitu proporsi peningkatan atau penurunan yang dihasilkan dari setiap perlakuan terhadap perlakuan kontrol (tanpa pupuk hayati dan tanpa pupuk buatan). Untuk itu, harus dipilih peubah-peubah tanaman yang paling berpengaruh dan tidak bersifat otokorelatif. Sebagai contoh, jumlah bintil akar efektif berkorelasi positif ( $r = 0,51^*$ ) dengan bobot kering bintil akar efektif. Oleh sebab itu cukup jumlah bintil akar efektif yang dievaluasi. Bobot kering pucuk tidak perlu diikuti dalam evaluasi efektivitas karena sudah digunakan dalam penghitungan serapan hara (N dan P). Bobot kering akar tidak perlu diikuti dalam dievaluasi karena berkorelasi positif dengan serapan N ( $r = 0,67^{**}$ ) dan serapan P ( $r = 0,64^{**}$ ). Serapan N ternyata tidak berkorelasi dengan peubah tanaman lainnya dan oleh karena itu dapat dipilih sebagai peubah indikator. Bobot biji merupakan peubah tanaman terpenting dalam mencapai tujuan akhir budidaya kedelai dan harus menjadi indikator penentu. Bobot biji per tanaman berkorelasi positif dengan jumlah polong ( $r = 0,85^{**}$ ) dan jumlah bij pertanaman ( $r = 0,89^{**}$ ) dan tidak berkorelasi dengan jumlah bintil akar maupun serapan N. Oleh sebab itu jumlah polong dan jumlah biji pertanaman tidak perlu diikuti dalam evaluasi efektivitas. Berdasarkan fakta demikian maka terlihat bahwa pupuk hayati dan pupuk buatan, secara mandiri atau bersama-sama, mampu meningkatkan jumlah bintil, serapan N, dan bobot biji pertanaman (Tabel 4). Peubah indikator yang dapat digunakan ialah jumlah bintil akar efektif diikuti, serapan N, dan bobot kering biji.



Tabel 4. Efektivitas pupuk hayati dan pupuk buatan terhadap jumlah bintil akar efektif, serapan N dan bobot biji per tanaman kedelai

Perlakuan		Efektivitas (%)			Rerata Efektivitas
Pupuk Hayati	Pupuk Buatan	$\Sigma$ bintil	Serapan N	Bobot biji	
Tanpa	50 kg Urea	688	51	36	258
	50 kg SP36	1225	91	78	465
	50 kg Urea+50 kg SP36	1050	32	59	380
	75 kg Urea+75 kg SP36	563	6	6	192
Rerata		881	45	45	
FPF + TER	Tanpa	538	-12	46	191
	50 kg Urea	900	56	-14	314
	50 kg SP36	813	-14	5	268
	50 kg Urea+50 kg SP36	1838	1	49	629
	75 kg Urea+75 kg SP36	1613	36	52	567
Rerata		1291	20	23	444
FPF + KLR	Tanpa	1213	58	45	438
	50 kg Urea	900	30	43	324
	50 kg SP36	1238	39	7	428
	50 kg Urea+50 kg SP36	838	67	55	320
	75 kg Urea+75 kg SP36	1150	99	40	430
Rerata		1031	59	36	375

Penggunaan pupuk buatan tanpa pupuk hayati menghasilkan rerata efektivitas sebesar 881% yang berarti meningkatkan jumlah bintil 8x lipat lebih banyak dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh kondisi alami (tanpa pupuk hayati dan tanpa pupuk buatan). Penggunaan pupuk hayati bersama-sama dengan pupuk buatan menghasilkan efektivitas sebesar 1291% dan 1031% yang berarti meningkatkan jumlah bintil akar efektif 13x dan 10x lipat lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi alami. Penggunaan pupuk hayati FPF + TER dan FPF + KLR dengan demikian mampu meningkatkan jumlah bintil akar efektif 4x dan 2x lipat lebih banyak dibandingkan dengan tanpa pupuk hayati.

Pembentukan bintil akar yang banyak memiliki konsekuensi logis berupa translokasi karbon yang lebih banyak ke akar karena jasad simbion memerlukan karbon dari tanaman inang untuk melakukan metabolismenya. Sebagai akibatnya penggunaan pupuk hayati menurunkan serapan N dan bobot biji yang ditunjukkan dengan lebih rendahnya rerata efektivitas serapan N dan bobot biji dibandingkan dengan tanpa pupuk hayati. Serapan N yang tinggi diperlukan untuk sintesis protein agar mutu biji kedelai terjaga.

Tujuan akhir budidaya kedelai ialah mendapatkan bobot biji yang tinggi dengan biaya produksi atau masukan pupuk seminimal mungkin. Berdasarkan hal tersebut maka efektivitas pupuk terhadap bobot biji kering harus digunakan sebagai indikator penentu

dengan mempertimbangkan masukan berupa pupuk buatan dan pupuk hayati. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka upaya terbaik yang dapat direkomendasikan ialah melakukan budidaya kedelai tanpa pupuk hayati namun harus dipupuk dengan pupuk kandang 1 t ha<sup>-1</sup> dan pupuk buatan berupa 50 kg ha<sup>-1</sup> SP36 dan 75 kg KCl ha<sup>-1</sup> untuk mendapatkan peningkatan serapan N dan bobot biji per tanaman masing-masing sebesar 91% dan 78%. Prediksi bobot biji per hektar dengan perlakuan ini ialah 5.080 ton. Alternatif lain ialah diberi pupuk kandang 1 t ha<sup>-1</sup> dan 75 kg ha<sup>-1</sup> KCl namun harus diinokulasi dengan isolat FPF + KLR yang akan menghasilkan peningkatan serapan N dan bobot kering biji masing-masing sebesar 58% dan 45%. Prediksi bobot biji per hektar dengan perlakuan ini ialah 4.43 ton.

Prediksi bobot biji yang dihasilkan oleh genotipe baru 19BE pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan genotipe unggul yang dikembangkan di Bengkulu, yaitu Ijen, Seulawah, Burangrang, dan Anjasmoro yang memiliki tingkat hasil di lapangan masing-masing sebesar 1.52, 1.88, 1.84 dan 1.92 ton ha<sup>-1</sup>. Suryati *et al.* (2006) melaporkan genotipe 19BE yang ditanam di tanah Ultisol Bengkulu mampu menghasilkan bobot kering biji sebesar 13.19 g per tanaman atau setara 2.2 t ha<sup>-1</sup> jika dipupuk dengan 23 kg ha<sup>-1</sup> N, 20 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, dan dolomit dengan dosis 2 x A<sub>1d</sub> atau 200 kg ha<sup>-1</sup> serta populasi 166.000 tanaman per hektar. Bobot kering biji per tanaman pada penelitian tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan bobot kering biji pada penelitian ini. Perbedaan jarak tanam yang lebih sempit atau populasi tanaman yang lebih tinggi menjadi salah satu penyebab rendahnya bobot kering biji pertanaman pada penelitian Suryati *et al.* (2006).

## SIMPULAN

Genotipe baru kedelai 19BE yang dibudidayakan di tanah mineral masam mampu menghasilkan bobot biji yang lebih tinggi yaitu sekitar 5 t ha<sup>-1</sup> jika diberi masukan berupa pupuk kandang 1 t ha<sup>-1</sup> dan 75 kg KCl ha<sup>-1</sup> dengan populasi 160.000 tanaman per hektar tanpa penggunaan pupuk hayati. Alternatif lain ialah dengan diberi masukan berupa pupuk kandang 1 t ha<sup>-1</sup> dan 75 kg KCl ha<sup>-1</sup> dengan populasi 160.000 dan diinokulasi dengan isolat FPF + KLR yang diprediksi dapat menghasilkan biji kering sebanyak 4.43 ton ha<sup>-1</sup>.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada DP4M Ditjen Dikti Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2010 Kontrak No. 2235/H30.10.06.01/HK/2009 tanggal 23 Maret 2010. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Riezky P. Panjaitan dan Nova Samosir, keduanya mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Budidaya Pertanian, dan Ir. Agusman Yulianto, mahasiswa Program Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu yang telah membantu pengumpulan data di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Alla MH, Omar SA. 2001. Survival of rhizobia/bradyrhizobia and a rock-phosphate-solubilizing fungus *Aspergillus niger* on various carriers from some agro-industrial wastes and their effects on nodulation and growth of faba bean and soybean. *J Pl Nutr* 24:261-272.
- AgriNews Online. 2008. Press Release Mentan Pada Panen Kedelai. <http://setjen.deptan.go.id/berita/detail.php?id=202&awal=0&page=&kunci=>. Diakses tanggal 22 Februari 2008.
- Bertham YH. 2006. Pemanfaatan CMA dan *Bradyrhizobium* pada tiga varietas kedelai pada Sistem Agroforestri di Ultisol. [Disertasi]. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Bertham YH, Nusantara AD, Pujiwati H. 2009. Peningkatan produktivitas genotipe baru kedelai berbasis mekanisme adaptasi mendapatkan hara fosfor dari tanah Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Kompetitif Sesuai Prioritas Nasional, DP2M Ditjen Dikti, Kementrian Pendidikan Nasional. Bengkulu: Lembaga Penelitian UNIB.
- Caravaca F, Alguacil MM, Azcón R, Diaz G, Roldan A. 2004. Comparing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and amendment with sugar beet, rock-phosphate and *Aspergillus niger* to enhance field performance of the leguminous shrub *Dorycnium pentaphyllum*L. *Appl Soil Ecol* 25:169-180.
- Daimon H, Nobuta K, Ohe M, Harada J, Nakayama Y. 2006. Tricalcium phosphate solubilization by root nodule bacteria of *Sesbania cannabina* and *Crotalaria juncea*. *Plant Prod Sci* 9:388-389
- Eviati, Sulaiman. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Edisi ke 2. Bogor: Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Balitbangtan, Deptan.
- Illmer P, Schinner F. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol Biochem* 24:389-395.
- Khan MS, Zaidi A, Wani PA. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture – A review. *Agron Sustain Dev* 27:29-43.

- Mitchell DB, Vogel K, Weimann BJ, Pasamontes L, van Loon APGM. 1997. The phytase subfamily of histidine acid phosphatases: isolation of genes for two novel phytases from the fungi *Aspergillus terreus* and *Myceliophthora thermophila*. *Microbiology* 143:245–252.
- Narsian V, Patel HH. 2000. *Aspergillus aculeatus* as rock phosphate solubilizers. *Soil Biol Biochem* 32: 559-565.
- Nusantara AD, Bertham YH, Widiyono H. 2009. Inovasi Inokulasi *Rhizobium* dan Fungi Pelarut Fosfat Spesifik Dengan *Seed Coating Technology* Untuk Meningkatkan Hasil Kedelai di Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2009. Bengkulu: Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu.
- Oliveira CA, Alves VMC, Marriel IE, Gomes EA, Scotti MR, Carneiro NP, Guimarães CT, Schaffert RE, Sá NMH. 2009. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an Oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. *Soil Biol Biochem* 41:1782–1787
- Peix A, Rivas-Boyer AA, Mateos PF, Rodriguez-Barrueco C, Martinez-Molina E, Velazquez A. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Soil Biol Biochem* 33: 103–110
- Reyes I, Bernier L, Antoun H. 2002. Rock phosphate solubilization and colonization of maize rhizosphere by wild and genetically modified strains of *Penicillium rugulosum*. *Microbial Ecol* 44:39-48.
- Richardson AE, George TS, Hens H, Simpson RJ. 2005. Utilization of soil organic phosphorus by higher plants. Hlm 165-184 *di dalam*: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS. (eds). *Organic Phosphorus in the Environment*. Wallingford, Oxford: CABI Publishing.
- Richardson AE. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Austr J Pl Physiol* 28:897–906.
- Santosa E. 2007. Mikroba pelarut fosfat. Hlm. 55-68 *dalam* Saraswati R, Santosa E, Simanungkalit RDM. (ed). *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan, Deptan, Bogor.
- Saraswati R, Sunarlim N, Hutami S, Hastuti RD, Simanungkalit RDM, Goenadi DH, Indarto S, Damardjati DS. 1999. Pengembangan Bio-fosfat untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P di lahan masam Al. Laporan Akhir Hasil ARMP II-Kemitraan, Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan, Bogor.
- Seshadri S, Ignacimuthu S, Lakshminarasimhan C. 2004. Effect of nitrogen and carbon sources on the inorganic phosphate solubilization by different *Aspergillus niger* strains. *Chem Eng Commun* 191:1043-1052.
- Simanungkalit RDM. 2001. Aplikasi pupuk hayati dan pupuk kimia: suatu pendekatan terpadu. *Buletin AgroBio* 4(2):56-61
- Sridevi M, Mallaiah KV. 2009. Phosphate solubilization by *Rhizobium* strains. *Indian J Microbiol* 49:98–102
- Suryati D, Chozin M. 2007. Analisis stabilitas galur-galur harapan kedelai keturunan dari persilangan Malabar dan Kipas Putih. *J Akta Agrosia* Edisi Khusus No. 2:176-180.
- Suryati D, Hartini D, Sugianto, Minarti D. 2006. Penampilan lima galur harapan kedelai dan kedua tetuanya di tiga lokasi dengan jenis tanah berbeda. *J Akta Agrosia* 9:7–11

- Suryati D, Munawar A, Hasanudin, Ganefianti DW, Apriyanto D. 1999. Perakitan varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) yang efisien menyerap hara P : Pewarisan sifat efisien hara P (Penelitian tahap III). Bengkulu: Lembaga Penelitian UNIB, Bengkulu.
- Vassilev N, Toro M, Vassileva M, Azcón R, Barea JM. 1997. Rock phosphate solubilization by immobilized cells of *Enterobacter* sp. in fermentation and soil conditions. *Biores Technol* 61:29-32.
- Yadav RS, Tarafdar JC. 2003. Phytase and phosphatase producing fungi in arid and semi-arid soils and their efficiency in hydrolyzing different organic P compounds. *Soil Biol Biochem* 35:1-7.

**Pertanyaan :**

1. Apakah penggunaan pupuk hayati dapat direkomendasikan pada skala lapangan, mengingat karakteristik jasad renik yang mudah berubah dibandingkan dengan pupuk buatan?
2. Angka produktivitas kedelai pada penelitian ini cukup fantastis, mungkinkah jika diterapkan di lapangan masih akan menghasilkan produktivitas yang sama tingginya?

**Jawab:**

1. Secara teoritis memang pembuatan inokulan memerlukan biaya yang mahal dan perlu kehati-hatian dalam memprosesnya. Namun demikian, pada skala lapangan petani dapat menggunakan inokulan berupa suspensi bintil akar tanaman kedelai yang sebelumnya telah diinokulasi dengan inokulan dari laboratorium. Jadi petani, cukup membeli sekali saja.
2. Penelitian ini dilaksanakan pada skala lapangan bukan laboratorium, sehingga jika apa yang dilaksanakan pada penelitian ini diikuti dengan baik maka peluang untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi juga dapat dicapai.